

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-094605

(43)Date of publication of application : 16.04.1993

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

(21)Application number : 03-278640

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 30.09.1991

(72)Inventor : AKIYAMA JUNICHI

OSAWA YUICHI

IWASAKI HITOSHI

KONDO REIKO

TATEYAMA KOICHI

OTA TOSHIHIKO

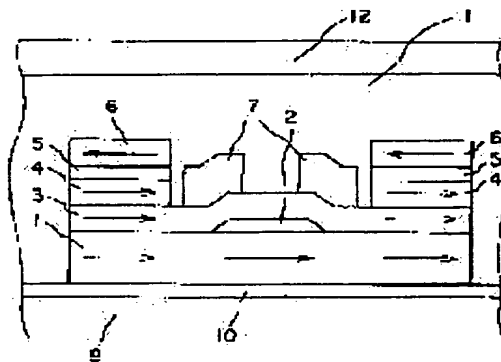
YODA HIROAKI

(54) MAGNETO-RESISTANCE EFFECT TYPE MAGNETIC HEAD

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the magneto-resistance effect type magnetic head which can effectively apply a vertical bias to an MR element film without generating an unnecessary leak magnetic field while using a ferromagnetic material.

CONSTITUTION: This magneto-resistance effect type magnetic head is constituted by successively laminating a 1st ferromagnetic film 4 which is magnetized in a prescribed direction in the longitudinal direction of the magneto-resistance effect type magnetic film (MR element film) 1, a nonmagnetic film 5, and a 2nd ferromagnetic film 6 which is magnetized in the direction reverse from the direction of the 1st ferromagnetic film 4 in the longitudinal direction of the MR element film 1 on the MR element film 1.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.09.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3086731

[Date of registration] 07.07.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-94605

(43)公開日 平成5年(1993)4月16日

(51)Int.Cl.⁵

G 1 1 B 5/39

識別記号

庁内整理番号

7247-5D

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3(全10頁)

(21)出願番号 特願平3-278640

(22)出願日 平成3年(1991)9月30日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 秋山 純一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

(72)発明者 大沢 裕一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

(72)発明者 岩崎 仁志

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

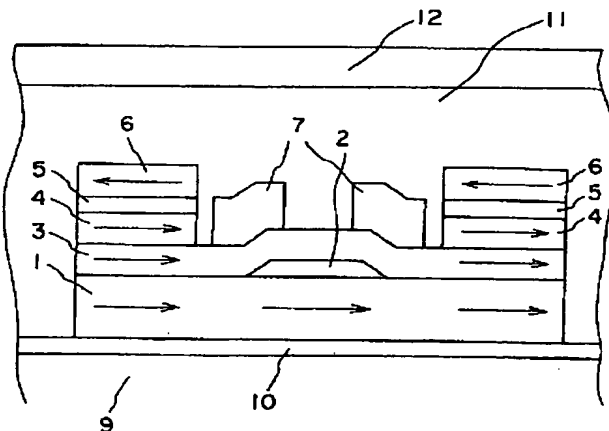
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気抵抗効果型磁気ヘッド

(57)【要約】

【目的】強磁性体を用いながら、不要な漏れ磁界を発生することなくMR素子膜に縦バイアスを効果的に与えることができる磁気抵抗効果型磁気ヘッドを提供することを目的とする。

【構成】磁気抵抗効果素子膜(MR素子膜)1上に、該MR素子膜1の長手方向において所定の向きに磁化された第1の強磁性膜4、非磁性膜5、およびMR素子膜1の長手方向において第1の強磁性膜4と逆の向きに磁化された第2の強磁性膜6を順次積層した磁気抵抗効果型磁気ヘッド。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】磁気抵抗効果素子膜と、

この磁気抵抗効果素子膜の上に配置され、該磁気抵抗効果素子膜の長手方向において所定の向きに磁化された第1の強磁性膜と、

この第1の強磁性膜の上に形成された非磁性膜と、

この非磁性膜の上に形成され、前記磁気抵抗効果素子膜の長手方向において前記第1の強磁性膜と逆の向きに磁化された第2の強磁性膜とを具備することを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項2】磁気抵抗効果素子膜と、

前記磁気抵抗効果素子膜の磁界感知用領域の一方の面上に形成された第1の非磁性膜と、

この第1の非磁性膜および前記磁気抵抗効果素子膜の一方の面の該非磁性膜で覆われてない領域上に選択的に形成された導電性軟磁性膜と、

前記導電性軟磁性膜の上または前記磁気抵抗効果素子膜の他方の面上に形成され、該磁気抵抗効果素子膜の長手方向において所定の向きに磁化された第1の強磁性膜と、

この第1の強磁性膜の上に形成された第2の非磁性膜と、

この第2の非磁性膜の上に形成され、前記磁気抵抗効果素子膜の長手方向において前記第1の強磁性膜と逆の向きに磁化された第2の強磁性膜とを具備することを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項3】磁気抵抗効果素子膜と、

前記磁気抵抗効果素子膜の磁界感知用領域上に選択的に形成された第1の非磁性膜と、

この第1の非磁性膜上および前記磁気抵抗効果素子膜の該非磁性膜で覆われていない領域上に形成され、該磁気抵抗効果素子膜の長手方向において所定の向きに磁化された第1の強磁性膜と、

この第1の強磁性膜の上に形成された第2の非磁性膜と、

この非磁性膜の上に形成され、前記磁気抵抗効果素子膜の長手方向において前記第1の強磁性膜と逆の向きに磁化された第2の強磁性膜とを具備することを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ハードディスク装置やVTR等の磁気記録再生装置において再生ヘッドとして使用される磁気抵抗効果型磁気ヘッドに係り、特に磁気抵抗効果素子膜に対するバイアス付与手段に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気記録媒体に記録された信号を再生する方法としては、コイルを備えたいわゆるリング型磁気ヘッドを記録媒体に対して相対運動させ、電磁誘導によってコイルに誘起される電圧を検出する方法が広く用い

2

られている。一方、ある種の強磁性体の電気抵抗が外部磁界の強さに応じて変化する現象を利用した磁気抵抗効果型ヘッドも、記録媒体の信号磁界を検出する高感度ヘッドとして知られている[IEEE MAG-7, 150, (1971)]。この磁気抵抗効果型磁気ヘッド(以下、MRヘッドという)は、記録媒体との相対速度に依存せずに大きな再生出力が取り出せる利点がある。近年、小型・大容量の磁気記憶装置の要求が高まり、それに伴いヘッドと記録媒体の相対速度が小さくなるため、このような特長を持つMRヘッドの重要性は高まっている。

【0003】MRヘッドを実際に用いようとする場合、一般に2種のバイアス磁界を磁気抵抗効果素子(MR素子)に印加する必要がある。その一つは、MR素子のセンス電流と垂直な方向にかけられる横バイアスと呼ばれている磁界であり、MR素子の動作点を外部信号の大きさと検出信号の大きさが比例する線形領域に設定するためのバイアス磁界である。

【0004】この横バイアスの印加方法としては、特公昭53-37205、特公昭56-40406等に開示されているような、薄い非磁性膜を介してMR素子膜と軟磁性膜を併置し(このような軟磁性膜をSAL: soft adjacent layer という)、センス電流のつくる磁界を横バイアスとする自己バイアス方式や、特公昭53-25646等に開示されたシャントバイアス方式が提案されている。また、隣接したコイルに電流を流すことにより横バイアスをかける方法が特公昭53-37206等に示され、さらにMR素子膜に隣接した硬磁性膜を着磁させて横バイアスを与える方法が特公昭54-8291等に開示されている。

【0005】MR素子に印加すべきもう一つのバイアス磁界は、本発明に係るMR素子のセンス電流に平行にかけられる縦バイアスと呼ばれる磁界であり、MR素子を単磁区化することで、多磁区性に起因するバルクハウゼン・ノイズを抑えるように働く。この縦バイアスを与える方法についても、従来から種々提案されている。

【0006】例えば、米国特許第4,103,315明細書には、反強磁性膜と強磁性膜の交換結合によって、MR素子膜に均一な縦バイアスを印加する技術が開示されている。また、JOURNAL OF APPLIED PHYSICS VOL. 52, 2474, (1981)には、反強磁性膜としてFeMn膜を用い、MR素子膜としてNi₈₀Fe₂₀膜を用いた場合、MR素子膜に縦バイアスがかかるという実験が報告されている。さらに、IEEE TRANS. MAG-25, 3692(1989)では、FeMn膜をMR素子膜の端部にのみ配置した場合でも、MR素子膜の感磁部に縦バイアスがかかるという実験が報告されている。いずれの場合も、縦バイアス磁界によりバルクハウゼン・ノイズが抑制されている。

【0007】縦バイアスを与える他の方法として、横バイアスの場合と同様に、着磁させた強磁性膜を用いる方法も提案されている。例えば、米国特許第3,840,898には薄い絶縁膜を介してMR素子膜と着磁された硬磁性膜

3

を隣接させ、MR素子膜にバイアスを与える方法が提案されている。この場合、着磁の方向を選ぶことで縦バイアス、横バイアス、およびその中間方向のバイアスのいずれも可能である。また、電子通信学会磁気記録研究会・研究報告MR86-37には、ヨーク型MRヘッドのMR素子膜の端部に、着磁させたCOP膜を配置することにより、縦バイアスを与える方法が紹介されている。

【0008】このようにMR素子に縦バイアスをかける方法は、種々提案されているが、これらの方法をハードディスクドライブ用の再生ヘッドに適用しようとする

と、次のような問題が生じる。
【0009】まず、反強磁性体膜とMR素子膜を交換結合させる場合に使用される、室温で反強磁性を呈し、NiFe等のMR素子膜と交換結合する材料としては、 γ -FeMnが知られているが、この材料は例えば1990年秋の日本金属学会(543)で報告されているように、Mnが酸化しやすいため、素子の信頼性に重大な懸念がある。また γ -FeMn膜をスパッタリングにより形成しようとする

と、JOURNAL OF APPLIED PHYSICS VOL 52, 2471, (1981)に指摘されているように、 α -FeMnができる場合があり、安定した γ -FeMnを得ることは、工業レベルでは困難である。
【0010】縦バイアスの大きさは、MR素子膜端部の反磁界を打ち消す程度の大きさが良く、これより小さいとMR素子膜は単磁区にならず、またこれより大きいとMR素子膜の感度が低下する。反磁界の大きさはMR素子の形状すなわち、トラック幅や深さや膜厚に依存する。従って、ヘッドの仕様によって、この交換エネルギーの大きさを変える必要があるが、前述のJOURNAL OF APPLIED PHYSICS VOL 52, 2471 (1981)に示されているように、FeMn膜とNiFe膜の交換エネルギーの大きさを制御するには、NiFeまたはFeMnの膜厚を変える必要がある。NiFeの膜厚はヘッドの特性自体に関わるため、自由には変えられない。FeMnの厚さを厚くすれば、 α -FeMnができてしまう。このように、ヘッドの仕様に応じて反強磁性体膜とMR素子膜間の交換エネルギーを変えることは、実際には非常な困難を伴う。

【0011】さらに、JOURNAL OF APPLIED PHYSICS VOL 53, 2605 (1982)で指摘されているように、FeMn膜とNiFe膜の交換結合エネルギーは温度依存性が大きく、使用環境やセンス電流による発熱の影響により、素子の特性が変化してしまうおそれがある。

【0012】反強磁性膜としてFeMn膜を用いた場合の欠点を回避するため、IEEE TRANS. MAG-24, 2609 (1988)には、TbCo膜をNiFe膜と交換結合させる方法が紹介されている。しかしながら、この材料は酸化しやすく、使用環境を相当に限定しても長期信頼性に不安がある。

【0013】一方、着磁された強磁性膜で縦バイアスを

4

与える方法は、ヨーク型MRヘッドのように、MR素子部が記録媒体から離れたところに配置されている場合には有効であるが、シールド型MRヘッドの場合のように、MR素子部が媒体の近傍にある場合には、この強磁性膜からの漏れ磁界で媒体を消磁してしまう、つまり記録された情報を消去してしまうおそれがある。媒体の消磁を避けるには、強磁性膜の抗磁力を小さくすればよいが、逆に媒体からの漏れ磁界で、この強磁性膜の着磁方向が変化してしまい、縦バイアスを与えられなくなってしまうおそれがある。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、反強磁性膜と強磁性膜の交換結合によって、MR素子膜に縦バイアスを付与する方法では、一般的に反強磁性膜の材料が酸化しやすい傾向にあるため、長期信頼性に欠けるという問題があり、また着磁された強磁性膜により縦バイアスを印加する方法は、反強磁性膜を用いた場合の欠点はないが、十分な縦バイアスを与えようとする

と、特にシールド型MRヘッドのようにMR素子と媒体が近接してする場合、この強磁性体からの漏れ磁界により媒体を消磁してしまうという問題があった。

【0015】本発明は、強磁性体を用いながら、不要な漏れ磁界を発生することなく、MR素子膜に縦バイアスを効果的に与えることができる磁気抵抗効果型磁気ヘッドを提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明に係る磁気抵抗効果型磁気ヘッドは、磁気抵抗効果素子膜（以下、MR素子膜という）の上に、該MR素子膜の長手方向において所定の向きに磁化された第1の強磁性膜、非磁性膜、およびMR素子膜の長手方向において第1の強磁性膜と逆の向きに磁化された第2の強磁性膜を順次配置したことを基本的な特徴とする。

【0017】また、MR素子膜の磁界感知用領域の一方の面上に第1の非磁性膜を形成し、この非磁性膜およびMR素子膜の一方の面の該非磁性膜で覆われていない領域上に導電性軟磁性膜を選択的に形成した上で、この導電性軟磁性膜上またはMR素子膜の他方の面上に上記の第1の強磁性膜、第2の非磁性膜および第2の強磁性膜を積膜してもよい。

【0018】さらに、MR素子膜の磁界感知用領域上に第1の非磁性膜を選択的に形成し、この第1の非磁性膜上およびMR素子膜の該非磁性膜で覆われていない領域上に第1の強磁性膜、第2の非磁性膜および第2の強磁性膜を積層してもよい。

【0019】

【作用】MR素子膜と第1の強磁性膜とは、両者の界面において交換相互作用で結合される（これを交換結合という）。この交換結合によって、第1の強磁性膜の磁化がMR素子膜に対して縦バイアスとして作用し、MR素

子膜界面の磁化が第1の強磁性膜の磁化の向きに固着されることにより、磁化挙動が安定化される。従って、MR素子膜端部において90度磁壁などの部分的磁区の発生を防ぐことが可能となり、バルクハウゼン・ノイズが大きく減少される。

【0020】また、第1の強磁性膜は非磁性膜を介してその上に設けられた第2の強磁性膜と静磁結合するため、第1および第2の強磁性膜がそれぞれ発生する磁束は、互いに閉ループを形成し、強磁性膜端部より発生する漏れ磁束は極めて小さなものになる。従って、シールド型MRヘッドのようにMR素子膜が媒体に近接している構造でも、漏れ磁束によって媒体上の磁化が消磁されることが少なくなる。しかも、漏れ磁束がMR素子膜に入りこみ難くなるため、一定のバイアスが能動領域にかかりやすくなり、良好な再生応答が得やすくなる。

【0021】さらに、第1の強磁性膜とMR素子膜との界面に第2の非磁性膜をバリア層として設けることにより、両者間での交換結合の強度を調節することができ、それにより縦バイアス磁界の強度を適切に調節することが可能となる。また、この非磁性膜はMRヘッド製造プロセス中や、MRヘッド使用時に発生する熱により生じるMR素子膜・強磁性膜界面での拡散防止層としても機能し、MRヘッドの信頼性を高める効果がある。

【0022】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照しながら説明する。

(実施例1) 図1は、実施例1に係るMRヘッドの概略構成を示す断面図である。強磁性体基板9（例えばMnZnフェライト）上に、非磁性絶縁膜10（例えばSiNx: 100nm）が形成され、この非磁性絶縁膜10上に、ストライプ状のMR素子膜1（例えばNiFe: ~30nm）が形成されている。このMR素子膜1の能動領域、すなわち磁気記録媒体からの磁界感知用領域である中央部分に、第1の非磁性膜2（例えばTi: ~20nm）が形成されている。第1の非磁性膜2上と非磁性膜2で覆われていないMR素子膜1上に、導電性軟磁性膜3（例えばCo系アモルファス: 30nm）が形成されている。

【0023】軟磁性膜3上にMR素子膜1の長手方向両端上に位置して、縦バイアス用の第1の強磁性膜4としての硬磁性膜（例えばCo-20%Pt: ~45nm, 保磁力 $H_c = 120 \text{ kA/m}$, 残留磁束密度 $B_r = 0.8 \text{ T}$ ）、非磁性膜5（例えばSiNx: ~10nm）、および縦バイアス印加用の第2の強磁性膜6としての硬磁性膜（Co-10%Pt: ~25nm, $H_c = 50 \text{ kA/m}$, $B_r = 1.4 \text{ T}$ ）が順次積層されている。ここで、強磁性膜4はMR素子膜1の長手方向の一方の向き（x方向）に磁化され、強磁性膜6はこれと逆向き（-x方向）に磁化されている。さらに、導電性軟磁性膜3上に、MR素子膜1の磁界感知用領域両端と外部の再生

回路とを電気的に接続するための導体リード（例えばA1）7が形成されている。

【0024】以上のMRヘッドの基本構成要素全体は、非磁性絶縁膜11（例えばSiO₂膜: ~2μm）で覆われ、さらにその上にシールド用の軟磁性膜12（例えばCo系アモルファス: ~2μm）が形成されている。

【0025】このMRヘッドの製造工程を簡単に述べると、まず強磁性体基板9上に非磁性絶縁膜10、MR素子膜1を順次全面に形成し、その上に第1の非磁性膜2を形成した後、非磁性膜2を中央部分のみ残してパターンニングし、さらに導電性軟磁性膜3を全面に形成する。次に、MR素子膜1および軟磁性膜3を所定のストライプ状（MRストライプ状という）にパターンニングする。次に、第1の強磁性膜4を形成してこれをx方向に着磁させた後、第1の非磁性膜5を形成し、さらに第2の強磁性膜6を形成してこれを-x方向に着磁させる。次に、これら強磁性膜4、非磁性膜5および強磁性膜6の積層体をMR素子膜1の端部状のみ残してパターンニングする。そして、軟磁性膜3上に導体リード7を形成した後、非磁性絶縁膜11およびシールド用の軟磁性膜12を順次形成して、図1のMRヘッドが得られる。

【0026】この構造のMRヘッドを用いて、金属媒体の磁気ディスク上に1kFCIで記録された信号を再生して、再生特性を測定したところ、再生波形には不連続なジャンプが観察されず、バルクハウゼン・ノイズによる影響のない良好な再生波形が得られた。

【0027】本実施例において、導電性軟磁性膜3はMR素子膜1の動作点バイアス（横バイアス）を行うために設けられている。すなわち、この軟磁性膜3に直流電流を流すと、それにより誘起される磁界で配向した軟磁性膜3の磁化と、MR素子膜1の磁化が静磁結合し、MR素子膜1に動作点バイアスが印加される。

【0028】（実施例2）実施例1では、MR素子膜1の上に非磁性膜2と導電性軟磁性膜3を形成したが、図2に示す実施例2では逆に、MR素子膜1の下に非磁性膜2および導電性軟磁性膜3を形成している。このようにしても、実施例1と同様の効果が得られる。但し、このようにMR素子膜1を上にした場合、MR素子膜1を平坦にするように形成することが望ましい。従って、その場合はMR素子膜1と導電性軟磁性膜3の界面に存在する非磁性膜3の厚み分だけ、導電性軟磁性膜3を凹ませるか、非磁性膜2の形成およびパターンニング後にイオンミリング等で平坦化してから、MR素子膜1を形成することが望ましい。

【0029】実施例1、2において、縦バイアスが行われていることを確認するために、非磁性膜2および軟磁性膜3を除いた構造の図3に示すMRヘッドを作製した。諸元は、実施例1における非磁性膜2と導電性軟磁性膜3を省いた以外は同じである。このMRヘッドを外部磁界が印加できるヘルムホルツコイル内に置き、外部

印加磁界HをMR素子膜1のハイト方向に印加して、外部印加磁界HとMR素子膜1の抵抗値Rとの関係を示すR-H曲線を測定したところ、バルクハウゼンジャンプノイズを表わすような曲線の不連続な飛びは観察されなかった。

【0030】ここで、積層されている強磁性膜4, 6のうち第1の強磁性膜4である硬磁性膜(Co-20%Pt:~45nm, Hc=120kA/m, Br=0.8T)および非磁性膜5(SiNx:~10nm)はそのままにして、第2の強磁性膜6の膜厚を25nmから、
10 同じ45nmに変更した。実施例1と同様に、第1、第2の強磁性膜4, 6の着磁方向は逆にした。このような構造のMRヘッドについてR-H曲線を測定したところ、バルクハウゼンノイズの発生を示す不連続な飛びが認められた。

【0031】次に、第1の強磁性膜4および非磁性膜5は上記と同様に、第2の強磁性膜6として硬磁性膜に代えて、軟磁性膜(Co系アモルファス, Hc:30A/m, Bs:0.8T)を~45nm形成した。但し、この強磁性膜6の着磁は行わなかった。この構造で
20 MRヘッドを作製して、先と同様にR-H曲線を測定したところ、不連続な飛びは認められなかった。これはバ

強磁性膜4	硬磁性	軟磁性	硬磁性
強磁性膜5	硬磁性	硬磁性	軟磁性

の3通りがあり得る。また、Hcの大きさに関しては強磁性膜4, 6のどちらが大ききとも、また等しくとも良好な縦バイアスが得られる。

【0036】(実施例3) 実施例1, 2では動作点バイアスを印加するために、導電性軟磁性膜3による、いわゆるソフトフィルムバイアスを用いたが、図4に示されるように、導電性軟磁性膜3の代わり非磁性導電膜8(例えばTi, W)をに形成してこれに電流を流し、それにより発生する磁界でMR素子膜1に動作点バイアスを印加することも可能である。

【0037】このMRヘッドの製造工程は、次の通りである。MR素子膜1(NiFe:~30nm)を形成した後、実施例1と同様に縦バイアス用の第1の強磁性膜4として硬磁性膜を形成し、MR素子膜1の長手方向の一方の向き(x方向)に着磁した。次に、非磁性膜5を介して縦バイアス用の第2の強磁性膜6として硬磁性膜を形成し、これを強磁性膜4と逆向き(-x方向)に着磁した。次に、積層された強磁性膜4, 6をMR素子膜1膜端部上のみ残してパターンニングした後、非磁性導体膜8をMR素子膜1の上に形成した。この非磁性導体膜8の上に導体リード7を形成して電流を流して、動作点バイアスを印加する。この構造のMRヘッドによっても、良好な再生波形が得られた。

ルクハウゼン・ノイズを抑制できていると理解できる。

【0032】上述した構造とは逆に、第1と第2の強磁性膜4, 6の材質を入れ替えた構造(第1の強磁性膜4:Co系アモルファス~45nm, 第2の強磁性膜6:Co-20%Pt~45nm)にしたMRヘッドを作り、そのR-H曲線を測定したところ、やはり曲線に不連続な飛びは認められなかった。

【0033】以上のことから、縦バイアス用である第1、第2の強磁性膜4, 6の磁化は互いに逆方向を向いて静磁結合する。従って、強磁性膜4, 6の端面から発生する磁束は両層間で互いに閉ループを構成するため、MR素子膜1、特にその能動領域へ入ることはなく、MR素子膜1には第1の強磁性膜4との交換結合のみの影響が作用する。但し、この条件を満たすには強磁性膜4の(飽和磁化)×(端面の断面積)と、強磁性膜6の(飽和磁化)×(端面の断面積)が略等しくなる必要がある。

【0034】なお、この関係は縦バイアス用強磁性膜が上述のような2層の場合にのみ成立するわけではなく、多層構造であっても満たされる。

【0035】第1および第2の強磁性膜4, 6の硬軟(Hc)の組み合わせに関しては、

【0038】(実施例4) 実施例1~3では、バイアス用強磁性膜4, 6をMR素子膜1の両端に設けた構造のMRヘッドについて述べたが、図5に示すようにMR素子膜1上の全面に形成してもよい。

【0039】このMRヘッドの製造工程は、次の通りである。まず、縦バイアス用の第1の強磁性膜4として硬磁性膜(Co-20%Pt:~25nm, Hc=120kA/m, Br=0.8T)を形成し、MR素子膜1の長手方向の一方の向き(x方向)に着磁した。次に、非磁性膜5(SiNx:~10nm)を介して縦バイアス用の第2の強磁性膜6として硬磁性膜(Co-10%Pt:~60nm, Hc=50kA/m, Br=1.4T)を形成し、これを強磁性膜4と逆向き(-x方向)に着磁した。次に、MR素子膜1(NiFe:~30nm, 0.8T)を形成した後、非磁性膜2(Ti:~20nm)を能動領域となる中央部分にのみ形成し、さらに導電性軟磁性膜3(Co系アモルファス:~30nm, 0.8T)をMR素子膜1膜および非磁性膜2の上に形成した。次に、積層した全層を所定のMRストライプ状にパターンニングした後、導体リード7を形成してMRヘッドの形状とした。

【0040】この構造のMRヘッドで、金属媒体の磁気ディスク上に1kFCIで記録された信号を再生して再

生特性を測定した。実施例 1～3 と同様に、その再生波形は不連続なジャンプが観察されず、バルクハウゼン・ノイズによる影響がない良好な再生信号波形が得られた。本実施例においても、実施例 1～3 と同様に動作点バイアス（横バイアス）を行うため、Co 系アモルファスで形成した導電性軟磁性膜 3 を形成した。

【0041】また、この実施例 4 のように MR 素子膜 1 上に全面にバイアス用強磁性膜 4、6 が形成される構造の MR ヘッドにおいては、縦バイアス用強磁性膜 4、6 が全面にあるため、MR 素子膜 1 の端面にのみ縦バイアス用強磁性膜を形成する構造と比較して、該強磁性膜をパターニングする際のオーバーエッチングによる MR 素子膜 1 やソフトフィルムバイアス用の導電性軟磁性膜 3 へのダメージをなくすることができるという、プロセス上の利点もある。

【0042】（実施例 5）実施例 4 では、MR 素子膜 1 の上に非磁性膜 2 と導電性軟磁性膜 3 を形成したが、図 6 に示す実施例 5 は逆に MR 素子膜 1 の下に非磁性膜 2 および導電性軟磁性膜 3 を形成している。このようにしても実施例 4 と同様の効果が得られる。但し、このように MR 素子膜 1 を上にした場合、MR 素子膜 1 を平坦にするように形成することが望ましい。従って、その場合は MR 素子膜 1 と導電性軟磁性膜 3 の界面に存在する非磁性膜 3 の厚み分だけ、軟磁性膜 3 を凹ませるか、非磁性膜 2 の形成およびパターニング後にイオンミリング等で平坦化してから、MR 素子膜 1 を形成することが望ましい。

【0043】以上の実施例 4、5 で述べたような構造の MR ヘッドにおける基本的な設計基準としては、MR 素子膜 1、縦バイアス用の強磁性膜 4、6 および軟磁性膜 3 の（飽和磁束密度×膜断面積）をそれぞれ $MSMR$ 、 $MS1$ 、 $MS2$ 、 $MSSAL$ とおくと、 $MSSAL + MSMR + MS1 = MS2$ である。

【0044】なお、バイアス用強磁性膜 4、6 と非磁性膜 5、MR 素子膜 1 および導電性軟磁性膜 3 の積層順序は、

- (a) 1/3/4-5-6
- (b) 3/1/4-5-6
- (c) 4-5-6/3/1
- (d) 4-5-6/1/3

のいずれでも構わない。

【0045】（実施例 6）実施例 4、5 では動作点バイアスを印加するために、導電性軟磁性膜 3 によるソフトフィルムバイアスを用いたが、図 7 に示されるように非磁性導電膜 8（例えば Ti、W）を導電性軟磁性膜 3 の代わりに形成してこれに電流を流し、それにより発生する磁界で MR 素子膜 1 に動作点バイアスを印加することも可能である。

【0046】図 7 において、MR 素子膜 1 はバイアス用強磁性膜 4 上に形成され、その上に非磁性導電膜 8 が形

成され、所定のストライプ形状にパターニングされている。この非磁性導電膜 8 に導体リード 7 が形成され、MR ヘッドが構成される。この場合も、良好な再生信号波形が得られた。

【0047】（実施例 7）図 8 は実施例 7 の原理図、図 9 は MR ヘッドの構造を示す断面図である。この実施例では、MR 素子膜 1 上に形成した強磁性膜 4、6 により基本的に縦バイアスを MR 素子膜 1 に印加するが、この強磁性膜 4、6 に面内一軸異方性を付与することで、MR 素子膜に横バイアスを印加したり、外乱等による強磁性膜の磁化の揺らぎによるバイアス変動を押さえることができる。以下、この一軸磁気異方性を与える方法について図 8 を用いて説明する。

【0048】MR 素子膜 1 まで形成された基板上に、バイアス用強磁性膜 4、6 として Co-Pt 膜をマグネトロロン RF スパッタで形成する。その際の基板とターゲットの諸元を以下に示す。

・ターゲット：Co-20%Pt, 3 インチφ

・基板：2 インチφ

・基板中心配置位置：(X, Y, Z) = (0, 0, 0)

・ターゲット中心配置位置：(X, Y, Z) = (15, 15, 15)

単位：cm

但し、X：MR ストライプトラック方向

Y：MR ストライプハイト方向

Z：基板垂直方向

すなわち、基板中心から見てターゲット中心が X, Y, Z どの方向からも 45 度傾いた方向にある状態に、基板およびターゲット配置を設定した。Co-Pt 粒子が基板上に斜め入射した状態で、第 1、第 2 の強磁性膜 4、6 を非磁性膜 5 ($SiNx \sim 5nm$) を介して形成した。飛来粒子の斜め入射により、斜めに柱状構造が成長する結果、その成長方向へ異方性が付与されることは良く知られている。この場合、MR 素子膜 1 への横バイアスを印加するために、MR 素子膜 1 上に斜め成長させた（トラック方向と 45 度）Co-Pt 膜に対して異方性を与えた。縦バイアス用の第 1 の強磁性膜 4 (Co-20%Pt: $\sim 25nm$) および第 2 の強磁性膜 6 (Co-20%Pt: $\sim 55nm$) は、それぞれ逆方向に磁化されている。

【0049】この積層膜の上に、MR 素子膜 1 (NiFe) を形成して、図 9 の MR ヘッドを作成した。この構造の MR ヘッドで、各種媒体の磁気ディスク上に 1kFCI で記録された信号を再生して、その再生特性を測定した。それらの再生信号波形には歪が少なく、また不連続なジャンプが観察されず、良好な横バイアスが印加されるとともに、バルクハウゼン・ノイズによる影響が抑圧されていることが確認された。

【0050】また、MR ヘッドの再生特性の評価に使用する磁気ディスクの媒体の H_c が低くなると、縦バイア

ス用強磁性膜が1層のみの時と比べて、2層にすることによりエラーレートに向上が見られた。この傾向は、多層になるほど大きかった。これは、縦バイアス用強磁性膜から発生する磁界が多層化により媒体表面では弱くなり、媒体の内容が消去されにくくなったことを示している。

【0051】なお、この構造における基本的な設計基準としては、MR素子膜1、強磁性膜4、6の(飽和磁束密度×膜断面積)をそれぞれMSMR、MS1、MS2とおくと、MSMR+MS1=MS2である。

【0052】なお、バイアス用強磁性膜に一軸磁気異方性を付与する方法としては、斜め入射以外に、Crなどの下地膜をまずエピタキシャル成長させて、その上にCoPtなどの硬磁性膜を同様にエピタキシャル成長させて結晶磁気異方性を利用する方法もある。

【0053】(実施例8)図10に示す実施例では、MR素子膜1とバイアス用強磁性膜4との界面に非磁性膜(原子層)13を介在させることにより、両者間の交換結合力を調節可能としている。このMRヘッドの製造工程においては、MR素子膜1(NiFe)を形成した後、バイアス用強磁性膜4を形成する前に、真空装置内に酸素ガスを導入して数秒～数分放置した。その後、バイアス用強磁性膜4を形成する。このようなプロセスを経てMRヘッドを作製する。

【0054】このMRヘッドを実施例3で説明したようなヘルムホルツコイル内に置いて、トラック方向に磁界を印加し、そのR-H特性を測定したところ、不連続な飛びが生じる磁界H_xは、MR素子膜1とバイアス用強磁性膜4の界面に酸素ガスを導入しないで作製したヘッドに比べて小さかった。これは、界面に形成された非磁性膜13(酸素層)でMR素子膜1とバイアス用強磁性膜4間に働く交換相互作用が弱まったため、縦バイアス磁界が低下したことによると考えられる。同じ効果は、窒素ガス、窒素酸素混合ガスの導入や、これらガスを用いてバイアス用強磁性膜4の形成前にスパッタエッチングを行っても得られた。このように界面に非磁性膜13を設けることにより縦バイアスの調節が可能となる。また、この界面に熱的に安定な層が存在することにより、製作プロセスやヘッド使用時における温度上昇に対して界面での相互拡散を防ぐことができた。

【0055】(実施例9)図11に示す実施例は、バイアス用強磁性膜4とソフトフィルムバイアス用である導電性軟磁性膜3との界面に新たに非磁性膜13を設けたものであり、このようにしても実施例7と同様の効果が得られる。なお、この非磁性膜13を図5および図6に示した実施例のような、バイアス用強磁性膜4または6にMR素子膜1または導電性軟磁性膜3が全面で接触している構造のMRヘッドに適用しても効果がある。

【0056】なお、以上実施例1～7に述べたことは、シールド型MRヘッドでも、ヨーク型MRヘッドでも同

様の効果があった。

【0057】(実施例10)図12に示す実施例では、MR素子膜1の能動領域にだけ非磁性膜14を形成し、この非磁性膜14を介してバイアス用強磁性膜4、6膜を積層することにより、MR素子膜1の両端部(受動領域)のみに交換結合により縦バイアスを付与している。

【0058】(実施例11)図13に示す実施例は、実施例9の構成をSALバイアス方式のMRヘッドに適用した例である。上述の実施例9、10のいずれにおいても、バイアス用強磁性膜4、6が全面にあるため、MR素子膜1の端面にのみバイアス用強磁性膜を形成する構造と比較して、該強磁性膜をパターンニングする際のオーバーエッチングによるMR素子膜1やソフトフィルムバイアス用である導電性軟磁性膜3へのダメージをなくすることができるという、プロセス上の利点がある。

【0059】(実施例12)図14に示す実施例では、MR素子膜1の上全面に非晶質軟磁性膜15を介してバイアス用強磁性膜4、6を積層している。

【0060】(実施例13)図15は、MR素子膜1の両端部(受動領域)に非晶質軟磁性膜15を介してバイアス用強磁性膜を積層した実施例である。上述した実施例11、12のいずれの場合においても、MR素子膜1はfcc構造となり、その(111)面が膜面に平行になるため、この上に強磁性膜4として例えばCo系の硬磁性膜を堆積すると、一般にはそのC軸が膜面垂直方向に立ち易くなる。これは膜面垂直方向が磁化容易軸となり易くなることを意味し、この場合にはMR素子膜1と強磁性膜4との界面に交換結合が生じても、MR素子膜1の磁化がその膜面に垂直方向に向こうとするため、MR素子膜1の透磁率は大幅に低下してしまう恐れが生じる。また、これを避けるために、強磁性膜4の成膜条件を制御してC軸を無理に寝かせようとすると、上記界面での交換結合力が減少してしまう恐れがある。そこで、ある程度の厚みの非晶質軟磁性膜15膜をMR素子膜1と強磁性膜4との界面に介在させると、この界面においては十分な交換結合を保ちつつ、強磁性膜4のC軸は膜面に平行に向き易くなるという効果が得られる。

【0061】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、MR素子膜と第1の強磁性膜とを界面において交換結合させることによって、第1の強磁性膜の磁化を縦バイアスとしてMR素子膜の磁化を第1の強磁性膜の磁化の向きに固着させて部分的磁区の発生を防ぎ、バルクハウゼン・ノイズを大幅に低減できる。

【0062】また、非磁性膜を介して第1の強磁性膜と第2の強磁性膜を静磁結合させることにより、これらの強磁性膜がそれぞれ発生する磁束が互いに閉ループを形成するようにして、強磁性膜端部より発生する漏れ磁束が媒体に作用しないようにできるので、漏れ磁束により媒体を消磁してしまうことがなくなるとともに、漏れ磁

束がMR素子膜に入りこみ難くなることで、一定の縦バイアスがMR素子の能動領域にかかりやすくなり、良好な再生応答を得ることが可能となる。

【0063】さらに、第1の強磁性膜とMR素子膜との界面に非磁性膜のバリア層を介在させることによって、交換結合の度合いを調節できるので、縦バイアス磁界の強度を適切に調節することが可能となり、同時に該非磁性膜はMRヘッド製造プロセス中や、MRヘッド使用時に発生する熱に起因するMR素子膜・強磁性膜界面での拡散を防止でき、MRヘッドの信頼性を向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1に係るMRヘッドの断面図

【図2】実施例2に係るMRヘッドの断面図

【図3】実施例1の効果を確認するために試作したMRヘッドの斜視図

【図4】実施例3に係るMRヘッドの斜視図

【図5】実施例4に係るMRヘッドの断面図

【図6】実施例5に係るMRヘッドの断面図

【図7】実施例6に係るMRヘッドの断面図

【図8】実施例7に係るMRヘッドの原理図

【図9】実施例7に係るMRヘッドの斜視図

【図10】実施例8に係るMRヘッドの断面図

【図11】実施例9に係るMRヘッドの断面図

【図12】実施例10に係るMRヘッドの断面図

【図13】実施例11に係るMRヘッドの断面図

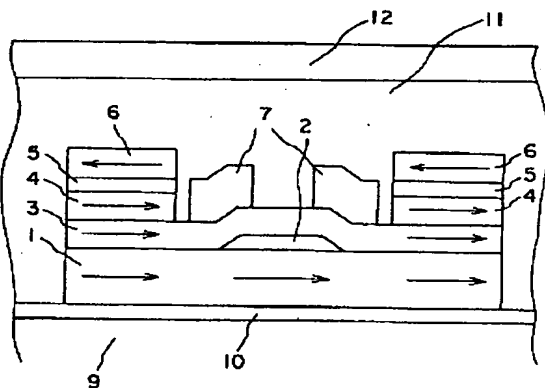
【図14】実施例12に係るMRヘッドの断面図

【図15】実施例13に係るMRヘッドの断面図

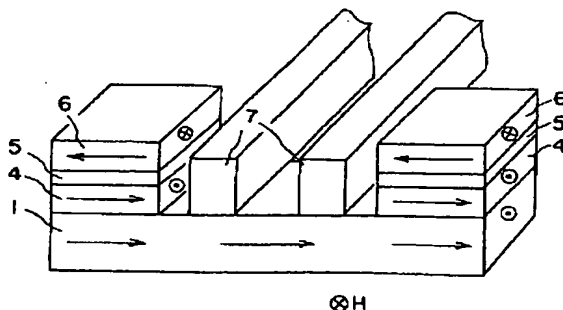
【符号の説明】

- | | |
|----------------|-----------------|
| 1…磁気抵抗効果膜 | 2…第1の非磁性膜（スペーサ） |
| 3…軟磁性膜 | 4…第1の強磁性膜 |
| 5…第2の非磁性膜 | 6…第2の強磁性膜 |
| 7…導体リード | 8…非磁性導体膜（シャント層） |
| 9…強磁性体基板 | 10…非磁性絶縁膜 |
| 11…非磁性絶縁膜用軟磁性膜 | 12…シールド |
| 13…非磁性膜 | 14…非磁性膜 |
| 15…非晶質軟磁性膜 | |

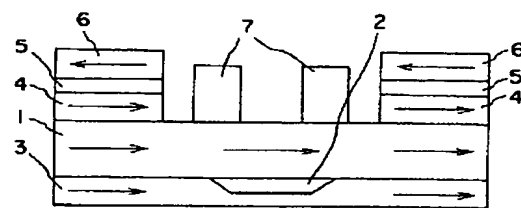
【図1】



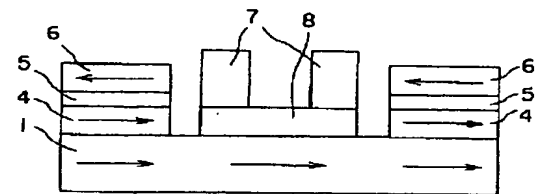
【図3】



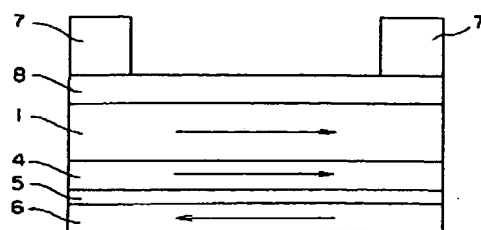
【図2】



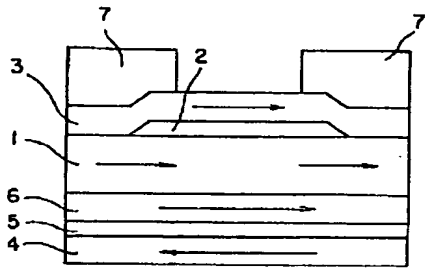
【図4】



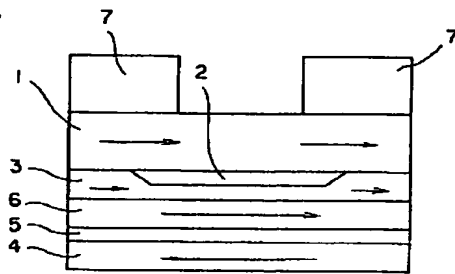
【図7】



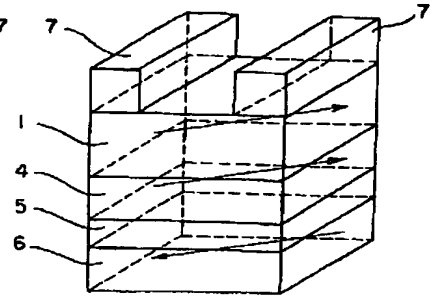
【図5】



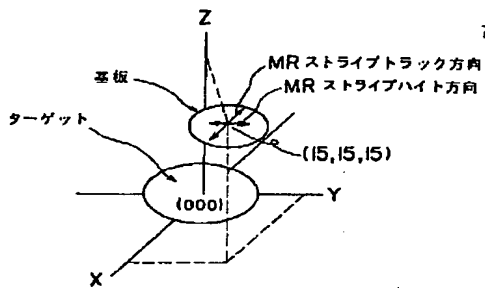
【図6】



【図9】

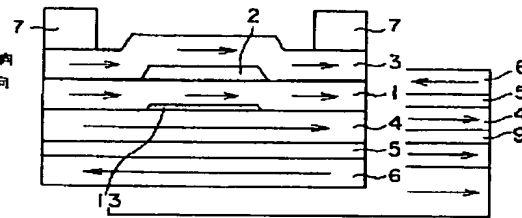


【図8】



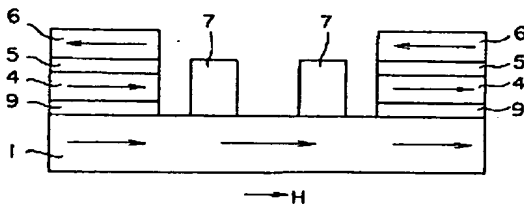
【図13】

【図11】

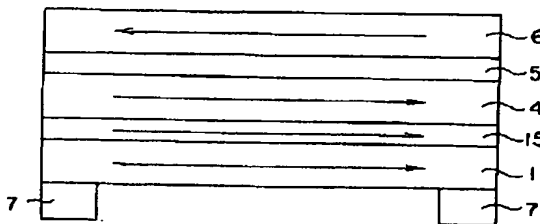


【図12】

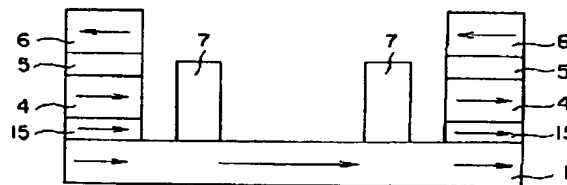
【図10】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 近藤 玲子
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝総合研究所内

(72)発明者 館山 公一
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝総合研究所内

(72) 発明者 大田 俊彦
神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株
式会社東芝総合研究所内

(72) 発明者 與田 博明
神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株
式会社東芝総合研究所内

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-134620

(43)Date of publication of application : 21.05.1999

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

H01F 10/00

H01L 43/08

(21)Application number : 09-298567

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 30.10.1997

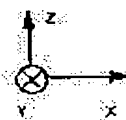
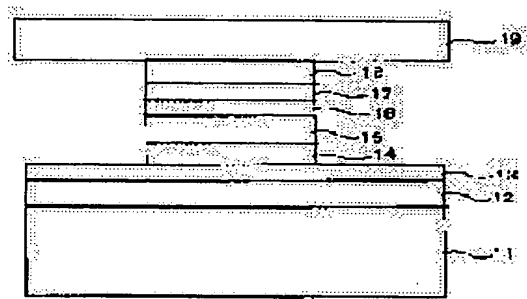
(72)Inventor : NAKADA MASABUMI
 TSUGE HISANAO
 TSUKAMOTO YUJI
 MATSUDERA HISAO
 ISHIWATA NOBUYUKI
 KAMIJO ATSUSHI

(54) FERROMAGNETIC TUNNEL JUNCTION ELEMENT SENSOR AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a ferromagnetic tunnel junction element sensor having few noise at the time of measuring magnetic field.

SOLUTION: The sensor is provided with a five-layer structure wherein a first antiferromagnetic layer 14 and a free magnetic layer 15 both of which are patterned in a proper sized shape are laminated on a lower electrode 12 and a substrate 13 which are formed on the substrate 11 and further a tunnel barrier layer 16, a fixed magnetic layer 17 and a second antiferromagnetic layer 18 are laminated. An upper electrode 19 is provided on the second antiferromagnetic layer 18.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.10.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 03.08.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office